

비소성 준설토의 침강-압밀 거동 특성

Characteristics of Settling and Consolidation Behavior for Non-Plastic Dredged Soils

박 윤 균* 박 병 수** 정 길 수*** 유 남 재****
Park, Yun-Gyun Park, Byung-Soo Jeong, Gil-Soo Yoo, Nam-Jae

Abstract

A series of column test with a silty marine soil mixed with Jumunjin Standard Sand were performed to investigate the characteristics of settling and consolidation of non-plastic dredged soils.

Column tests were carried out by using the separable column to measure the grain size distribution of consolidated layer. Column tests were performed with changing the mixing ratio of Jumunjin Standard Sand to the silty marine soil, initial water content of slurry and initial height of slurry. Height of interface of slurry was monitored during tests and grain size distribution tests were carried out after finishing tests. Influencing factors on the particle segregation, eventually to the characteristics of settling and consolidation of non-plastic soil, were analyzed on the thesis of test results.

As results of column tests, the mixing ratio of sand to the silty marine soil and the initial water content of slurry were known to affect the characteristics of settling and consolidation resulted in significant particle segregation of slurry. Initial height of slurry was found not to affect seriously to particle segregation.

키워드 비소성 준설토, 침강-압밀, 입도분리

Keywords : Non-Plastic dredged soils, Settling-Consolidation, Particle segregation

1. 서 론

해성점토를 준설매립하는 경우에 준설매립토의 침강-압밀 거동은 매립계획 및 매립지역의 향후 활용을 고려할 때 매우 중요한 요소이다. 준설슬러리는 초기에 수백%이상의 함수비로 투기되어 매립 초기에 단기간 동안의 침강을 거쳐 장기간 동안의 자중압밀이 진행된다 따라서 매립부지의 최종 계획

고를 얻기 위한 초기 준설매립량과 토체의 높이를 결정하고 자중압밀에 소요되는 시간을 규명하기 위해서는 준설매립지반의 침강-압밀 거동을 정확히 예측하는 것이 중요하다.

일반적으로 비소성 준설토에 대한 준설물량 산정은 경험적인 수치인 입경과 토질에 따른 유보율과 유실율 개념으로 대략적으로 계산하기 때문에 과대산정이나 과소산정하는 문제점을 지니고 있다. 또한 준설매립지반에서 침강거리를 산정하고, 준설토 투기후 침강단계에 대한 특성을 분석하기 위하여 사용하고 있는 미공병단 제안방법(US Army, 1978)은 하부 퇴적고에 대한 고려없이 초기 간극비와 각종 계수를 이용하여 계면고를 예측하고, 이를 계면고 변화와 비교를 하기 때문에 육안으로 계면고 관찰이 어려운 초기 함수비를 갖는 비소성 준설토에 대

* 도화엔지니어링 지반부 공학석사
** 강원대학교 토목공학과 연구원 공학박사
*** 강원대학교 대학원 토목공학과 박사과정
**** 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사

해서는 적용성에 한계가 있다.

준설 퇴적토에 대한 연구는 초기 60, 70년대에는 퇴적, 컨시스턴트 특성을 주로 연구하면서 80년대 중반이후로 고탍수비에서 제조한 혼합토에 대한 압밀, 강도시험 등으로 발전되어 왔다.

Fukue(1986)는 모래를 혼합한 혼합토의 압밀특성을 파악하여 비점토질의 간극비와 건조밀도, 비중을 산정한 후 준설재료 적절하게 이용될 수 있는 혼합물을 판단할 수 있게 하였고, Kumar(1999)등은 fall cone 관입치와 압축성의 관계를 측정하면서 점토함유량이 약 35%이상인 시료에서 혼합물의 역학적 거동을 지배하는 것은 단지 점토분에 의한 것이며 조립질의 체적함유율이 0.45에 다다를 때 조립분은 역학적 거동에 영향을 준다고 제안하였다.

Tan(1991)은 단계투기방법과 혼합물에 대한 영향을 고려 점토슬러리위에 포설한 점토와 모래의 혼합물에 대한 압밀침하를 쌍곡선법을 이용하여 추정하면서 미소변형과 유한변형에 모두 유효하다는 것을 보였다.

국내에서는 유건선(1979)이 준설토의 침강과 압밀 침하를 Mikasa의 이론과 실내시험에 의해 그 현상을 고찰하였고, 김수삼(1983)은 서해안 실트를 이용하여 해성토의 초기함수비에 따른 침강특성의 변화와 자중압밀 발생영역 및 침강과 퇴적의 상호관계를 규명하였고, 김재중(1989)은 침강실험을 통해 응집현상을 야기시키는 물리화학적 인자 중에 염분과 부유점성토의 초기농도가 침강속도에 미치는 영향을 고찰하였으며, 한영철(1992)은 군산지역의 준설토를 통해 투입구로부터의 거리에 따른 입도분포 특성을 조사하였다.

따라서, 본 연구에서는 비소성의 성질을 지닌 준설매립토의 자중압밀 침하량과 그에 따른 체적변화율을 추정하기 위하여 영종도 인근에서 비소성 준설토를 채취한후 해성점토와 주문진 표준사를 혼합하여 혼합비(S/C)변화, 함수비 변화, 초기높이 변화 등을 달리하는 column시험을 실시하여 침강압밀거동 특성을 파악하고자 하였다. 또한 침강-압밀시험 종료 후에는 시료 깊이별 입도분포 및 함수비 분포를 파악하고자 체분석 및 비중계 분석을 실시하였다.

2. 염분비 보정

해성점토에 있어서 건조료를 통한 일반적인 함수비 측정에는 해수 자체의 염분 함유로 인하여 해성점토를 건조한 후에는 수분만 증발하고, 토립자간의 공극에는 염분이 남아 있게된다. 따라서 이 염분을 제외하면 실질적인 함수비는 작은 값을 갖게된다. 그러므로 해성점토에 대한 함수비측정에 있어서는 염분비에 대한 보정이 필요하다.

염분비라 함은 해수속에 함유된 염분의 양으로서

일반적으로 다음과 같이 나타낸다.

$$\beta = \frac{W_c}{W_w} \quad (1)$$

여기서, W_c : 소금의 무게

W_w : 증류수의 무게

일반적인 건조료를 통한 해성 점토의 측정 함수비 (W_m)는 다음과 같은 관계를 나타내고 있다.

$$W_m = \frac{W_w}{W_s + W_c} \quad (2)$$

위 식 1을 W_c 에 대해 정리한 후 식 2에 대입하여 W_s 항으로 정리하면 다음과 같다.

$$W_s = \frac{(1 - \beta W_m) W_w}{W_m} \quad (3)$$

여기서, W_s : 토립자의 무게

실질적인 함수비(W)의 관계식은 다음과 같다.

$$W = \frac{W_w + W_c}{W_s} \quad (4)$$

위 식 4에 식 1과 식 3을 대입하여 전개하면 다음과 같은 관계식을 갖는다.

$$W = \frac{(1 + \beta) W_m}{1 - \beta W_m} \quad (5)$$

이로써, 해성점토의 염분비를 알고 일반적인 함수비를 측정함으로써 염분비 보정을 통한 해성점토의 실질 함수비를 구할 수 있다.

3. 실내실험

본 연구에 사용된 시료는 서해 영종도 부근에서 채취한 교란된 해성점토로서 기본물성시험을 수행한 결과 소성이 낮고 실트질이 많은 CL로 분류되었으며 시료의 기본물성을 다음 표 1에 나타내었다. 또한, 비소성 준설토의 거동 특성 조사를 위한 침강-압밀 시험에서는 해성점토, 증류수, 소금 및 주문진 표준사를 일정 비율로 혼합, 재성형 하여 시험을 실시하였다.

3.1 침강-압밀시험

투기에 의한 비소성 준설토의 침강압밀 특성 및 최종 심도별 함수비를 측정하기 위하여 그림 2와 같은 아르컬 Column 장치를 제작하여 시험에 사용하였다.

아르컬 Column 장치의 제원은 그림에 보인바와 같이 내경 18cm, 높이 170cm의 원형 Column으로 구성되어 있으며 Column의 상부는 120cm 높이의 단일 원통 Column으로 제작되어 있고 그 하부는 높이 10cm의 5단의 분리형 Column으로 제작되었

다 Column 측부에는 혼탁액의 간극수 변화를 알아 보기 위한 수두 측정용 밸브를 설치하였고, 하부에는 시험시작직후 시료의 충분한 교반을 위하여 압축 공기를 가할 수 있는 공기주입 밸브를 설치하였다

표 1 시료의 기본물성실험 결과

| 비중 | 액성한계 (%) | 소성한계 (%) | 소성지수 (%) | USCS |
|------|----------|----------|----------|------|
| 2.73 | 46.36 | 21.29 | 25.07 | CL |

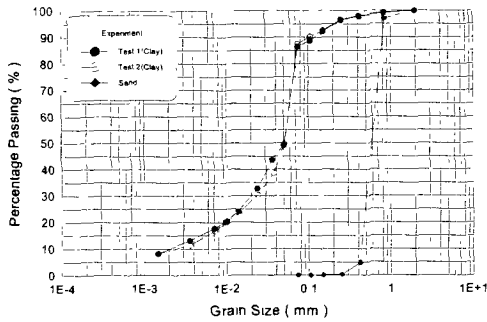


그림 1 해성점토의 입도분포 곡선

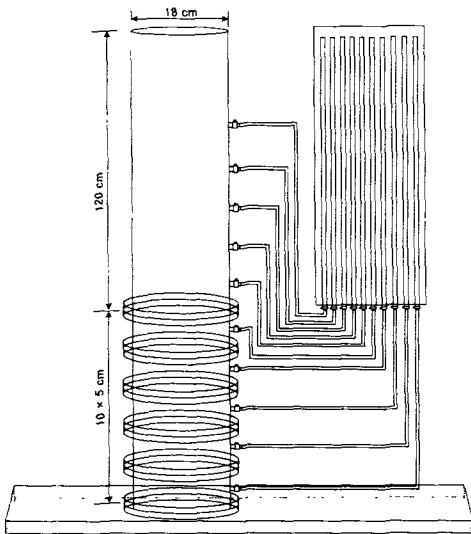


그림 2 아크릴 Column 장치

본 시험에 앞서 해성점토의 염분비 및 함수비를

측정하고자 건조로를 사용하여 해성점토의 염분비 및 함수비를 측정하였으며, 측정된 결과를 이용하여 염분비 보정을 통한 함수비를 수정하였다.

본 시험에서는 표 2에 나타난 바와같이 시험조건에 따라 시료를 제조하여 시험을 수행하였다

각 조건별 시료 조제에 있어서는 먼저 각 조건에 맞는 물량을 산출한 후 교반이 쉽게 이루어질 수 있는 용기에 모은 후 각 입자마다의 자유침강을 방해하는 요인을 제거하고자 일정 시간동안 교반기를 사용하여 시료를 교반하였다. 또한 염분비 변화에 있어서는 염분비가 0 상태인 시료를 만들고자 채취한 준설토를 큰 교반가능한 통에 담아 증류수와 혼합하여 자중에 의한 침강을 유발한 후 수차례 반복을 통하여 본 시료의 염분을 소산시키는 방법을 사용하였다.

표 2 시험 조건

| 구 분 | 혼합비 (%) | 염분비 | 초기 함수비(%) | 초기시료 높이(cm) |
|------------|---------|------|-----------|-------------|
| 혼합비 변 화 | 0 | 0.04 | 700 | 100 |
| | 5 | 0.04 | 700 | 100 |
| | 15 | 0.04 | 700 | 100 |
| | 30 | 0.04 | 700 | 100 |
| | 60 | 0.04 | 700 | 100 |
| 함수비 변 화 | 60 | 0.04 | 500 | 100 |
| | 60 | 0.04 | 1000 | 100 |
| | 60 | 0.04 | 1500 | 100 |
| | 60 | 0.04 | 2000 | 100 |
| 높 이 변 화 | 60 | 0.04 | 700 | 60 |
| | 60 | 0.04 | 700 | 80 |
| | 60 | 0.04 | 700 | 120 |

교반된 시료를 Column 내에 투기시에는 초기 균등한 간극비 및 입도분리를 방지하기 위하여 Column 하부의 공기 주입 밸브를 통해 압축 공기를 가하여 주었으며, 계면고 및 간극수두의 측정은 하부 공기 주입 밸브를 닫는 동시에 시작하였으며 초기에는 짧은 시간 간격으로 측정 하였고, 일정한

시간의 경과 후에는 점차적으로 시간 간격을 길게 하여 계면고를 측정하였다.

시험의 종료시점은 계면고가 시간축에 평행하게 Creep 거동을 보이는 지점을 기준으로 하였으며 종료 후에는 각 깊이별 함수비 측정 및 층별(상,중,하) 입도 분포시험을 실시하였다.

깊이별 함수비 측정에 있어서는 비교적 정확한 함수비를 측정하기 위하여 특별 제작한 시험장치를 사용하였으며, 층별 입도 분포를 파악하기 위해서는 체분석 및 비중계 시험을 통해 입도분석을 하였다. 시험진행 과정의 흐름도를 그림 3에 나타내었다.

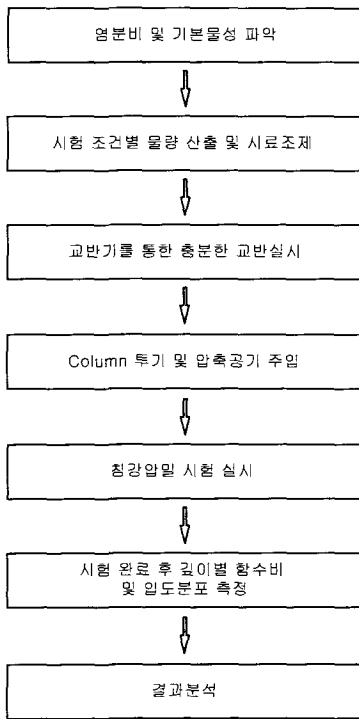
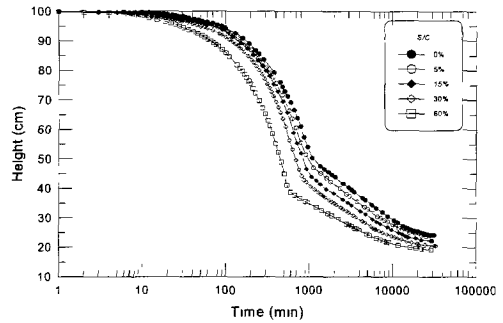


그림 3 침강-압밀시험 순서

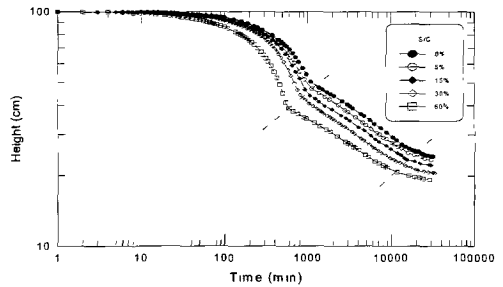
4. 결과분석

그림 4(a)는 혼합비에 따른 해성점토의 침강-압밀 거동 특성을 알아보기 위하여 혼합비를 0, 5%, 15%, 30%, 60%까지 변화시키면서 Column 시험을 수행하여 시간경과에 따른 계면고의 변화 양상을 도식한 결과이고, 표 3에 나타낸 자중압밀의 시점 및 종점을 추정하여 나타내었다. 자중압밀의 시점은 log계면고-log시간 관계곡선에서의 초기 변곡점으로 추정하였으며, 종점은 Creep 거동으로 들어가

는 지점을 종점으로 추정하였다. 이와같은 실험 결과 동일한 함수비에서 점토에 대한 모래의 혼합비(S/C)의 비율이 증가할수록 자중압밀의 시·종점이 빨리 나타나는 경향을 나타내었다. 이것은 비소성 실트나 모래질 성분이 증가할수록 침강단계가 빨리 완료되며 자중에 의한 일차압밀도 또한 빨리 진행되어 이차압밀 단계로 진행되어 가는 것을 알 수 있다.



(a) 계면고-log시간 관계곡선



(b) log계면고 - log시간 관계곡선

그림 4 혼합비에 따른 시간 - 계면고 변화

표 3 혼합비(S/C)에 따른 자중압밀 시·종점 추정

| 초기 함수비 (%) | 혼합비 (%) | 자중압밀 시점 | | 자중압밀 종점 | |
|------------------|------------|----------------|-----------|-----------------------|-----------|
| | | t_0 (min) | H (cm) | t_{∞} (min) | H (cm) |
| 700 | 0 | 1353 | 46 | 24975 | 24.7 |
| | 5 | 1115 | 46.5 | 22340 | 24.1 |
| | 15 | 923 | 46.6 | 19140 | 23 |
| | 30 | 810 | 44.2 | 16983 | 21.6 |
| | 60 | 545 | 41.1 | 16231 | 20 |

그림 5는 혼합비(S/C)에 따른 침강속도의 관계를 보여주고 있다. 침강속도는 시간경과에 따른 계면고의 변화에 대한 계속결과에서 초기 시점부터 자중압밀 시점(t_0)까지의 기울기를 나타낸 것이다. 그림에 보여진 바와같이 점토에 대한 모래의 혼합비(S/C)가 증가할수록 침강속도가 증가하는 경향을 볼 수 있다. 이와같은 현상은 입경이 비교적 큰 조립질 모래의 혼합비가 증가할수록 토립자간의 간섭이 작아져 침강속도가 빨라지는 것으로 판단된다.

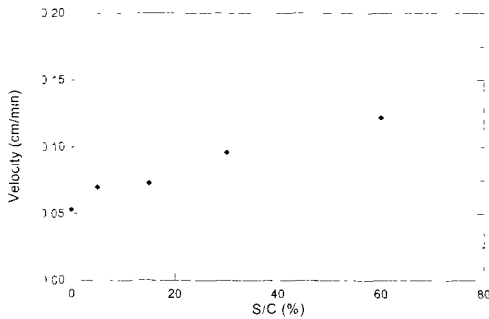


그림 5 혼합비(S/C)에 따른 침강속도

그림 6은 혼합비(S/C)에 따른 침강압밀계수의 변화를 보여주고 있다. 그림 5를 통해 혼합비가 증가할수록 침강압밀계수가 감소하는 경향을 알 수 있는데 이것으로서 비소성의 성질을 지닌 실트 및 모래의 함유량이 많은 점토일수록 체적비가 감소하고 비압축성의 성질을 지닐 것으로 판단된다.

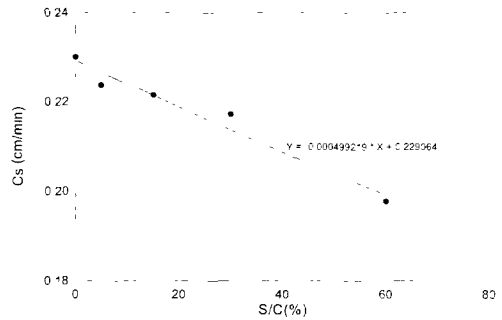


그림 6 혼합비(S/C)에 따른 침강압밀계수 변화

그림 7~그림 12는 침강-압밀 시험 종료 후 혼합비(S/C)에 따른 시료의 상부와 하부간의 입도분포를 나타낸 것이다.

그림 7을 보면 초기 혼합비가 0% 인 상태에서는 상부(Top)와 하부(Bottom)간의 입도분포곡선이 비슷한 양상을 보임을 알 수 있다. 그러나 혼합비가 증가할수록 상부와 하부간의 입도분포 곡선간의 간격은 벌어지고 하부(Bottom) 입도분포곡선의 기울기가 급격해지며 입도가 균등해짐을 볼 수 있는데 이것은 혼합비가 증가할수록 현탁액 내에서의 유기적인 결합력보다는 조립질의 자중에 의한 침강이 발생하여 혼합비가 증가할수록 입도분리가 증가하여 상부와 하부간의 입도분포 곡선이 차이가 나는 것으로 판단된다. 이와같은 상부와 하부의 입도분포 곡선 형태는 그림 1의 해상검토와 주문진 표준사의 입도분포곡선에 근접하고 있음을 알 수 있다.

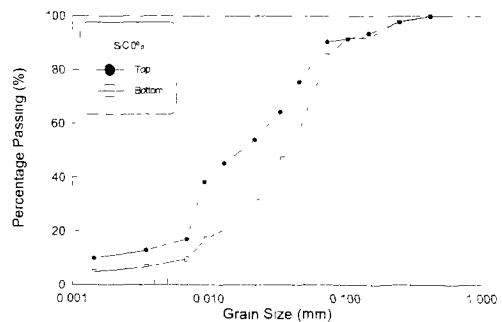


그림 7 압밀층의 입도분포곡선(S/C=0%)

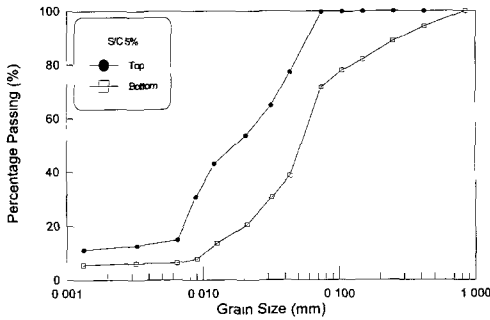


그림 8 압밀층의 입도분포곡선(S/C=5%)

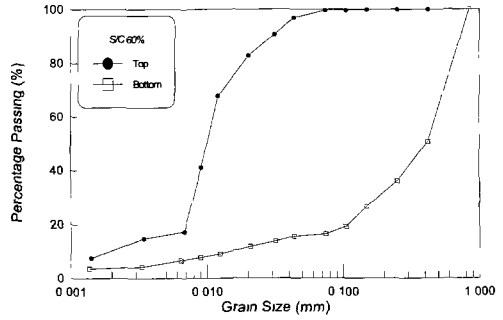


그림 11 압밀층의 입도분포곡선(S/C=60%)

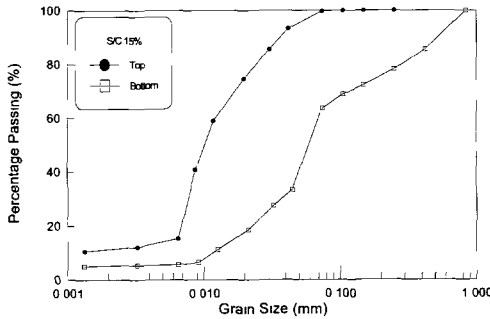


그림 9 압밀층의 입도분포곡선(S/C=15%)

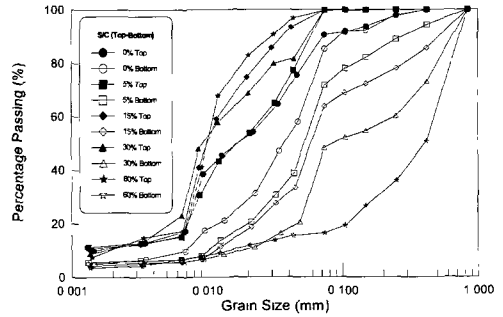


그림 12 혼합비에 따른 입도분포곡선

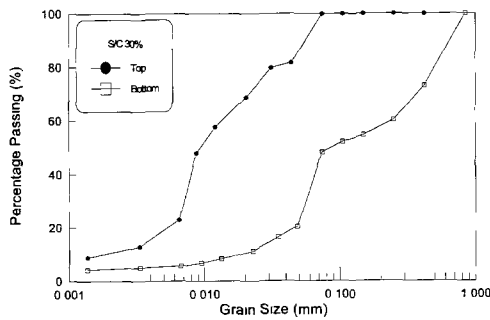


그림 10 압밀층의 입도분포곡선(S/C=30%)

한편, 침강-압밀 종료후 혼합비 변화에 따른 No 200번체 통과량 시험을 시행 후의 결과를 표 4에 나타냈다. 표에 나타낸 바와같이 혼합비가 증가할수록 상부와 하부간의 No. 200번체 통과량의 차가 증가하는 것으로 보아 혼합비가 증가할수록 입도분리가 발생한다고 판단할 수 있겠다.

표 4 혼합비 변화에 따른 No. 200 번체 통과량

| 혼합비 변 화 | No. 200 번체 통과량 (%) | | |
|------------|--------------------|-------|-------|
| | 상부 | 하부 | 상부-하부 |
| 0% | 90.49 | 85.15 | 5.34 |
| 5% | 99.75 | 71.64 | 28.11 |
| 15% | 99.78 | 63.69 | 36.09 |
| 30% | 99.89 | 48.20 | 51.69 |
| 60% | 99.59 | 16.40 | 83.19 |

비소성 준설토의 침강-압밀 거동 특성

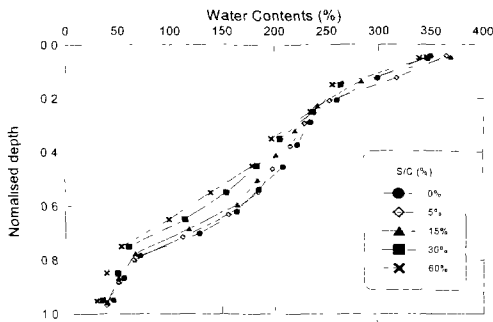


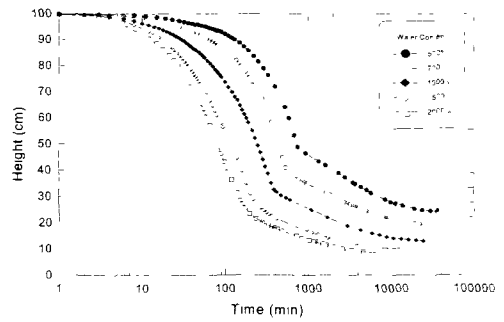
그림 13 혼합비에 따른 깊이별 함수비 분포

그림 13은 시험이 종료한 후 전체시료높이에 대한 기원위치를 정규화 높이로 환산하여 모래혼합비에 대한 깊이별 함수비 분포를 나타낸 것이다

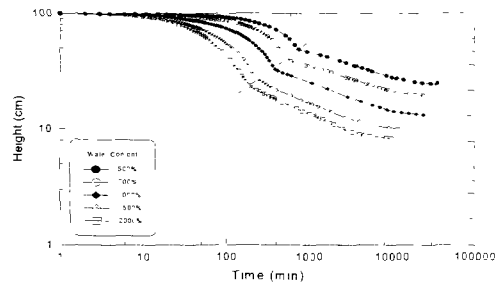
그림에 나타낸 바와같이 모래혼합비가 증가함에 따라 최종평균 함수비는 감소하는 경향이 나타났으며 큰 값의 차이는 나타나지 않았다. 또한 하부에서는 함수비가 비교적 같은 값으로 나타나고 있는데 이는 최종함수비의 측정과 있어서 최상부에서는 고함수비의 측정과 채취시 시료교란에 의하여 부정확한 측정이 이루어진 것과 하부에서는 침강-압밀중 입도분리에 의하여 입자가 비교적 고른 모래만이 분포하고 있어서 함수비가 일정한 값을 나타내는 것으로 판단된다.

이와 같이 고소성 성질을 지닌 점토 준설토의 침강-압밀 거동과는 달리 저소성 실트질 또는 모래질 준설토의 침강-압밀에서는 준설후 투기시 침강과정에서 입경 변화에 따른 입도 분리가 심하게 발생할 것으로 예상되며 준설토의 퇴적시 이러한 침강 완료후의 입도분리는 향후 자중압밀 거동에 영향을 미치며 자중압밀 완료시간과 침하량에 영향을 줄 것으로 판단된다.

그림 14 (a)는 함수비 변화에 따른 해성점토의 침강-압밀 거동을 알아보기 위하여 함수비를 500%, 700%, 1000%, 1500%, 2000%로 변화시키면서 수행한 시간경과에 따른 계면고의 변화를 도시한 결과이고 (b)는 (a)의 변화 양상을 log t에 대하여 도시한 결과를 나타낸다.



(a) 계면고 - log시간 관계곡선



(b) log시간 - log계면고 관계곡선

그림 14 함수비 변화에 따른 시간-계면고 변화

함수비 변화에 따른 자중압밀의 시·종점의 변화를 표 5에 나타내었다. 표를 보면 동일한 혼합비(S/C)에서 함수비가 증가할수록 자중압밀의 시점 및 종점이 빨리 나타나는 경향을 보여주고 있는데 이는 침강단계에서 함수비가 증가할수록 방해 침강보다 개별 침강모드가 주로 발생한 것으로 판단된다 즉, 함수비가 높을수록 입자들간의 상호 교란작용에 의한 방해가 적어 보다 침강이 빨리 이루어져 자중압밀의 시점이 빨라진 것으로 판단되며, 또한 조립질이 많이 함유된 상태에서 함수비가 높을수록 상대적으로 농도는 작아지므로 간극수압의 소산이 빨리 이루어져 자중압밀의 종점 또한 빨라진 것으로 판단된다.

표 5 함수비에 따른 자중압밀 시·종점 추정

| 혼합비 (%) | 초기 함수비 (%) | 자중압밀 시점 | | 자중압밀 종점 | |
|---------|------------|----------------------|--------|------------------------|--------|
| | | t ₀ (min) | H (cm) | t ₁₀₀ (min) | H (cm) |
| 60 | 500 | 757 | 49 | 18977 | 25.4 |
| | 700 | 545 | 41.1 | 16231 | 20 |
| | 1000 | 390 | 32.7 | 10698 | 14.2 |
| | 1500 | 241 | 26.6 | 9390 | 10.3 |
| | 2000 | 195 | 23.4 | 5394 | 8.7 |

그림 15~그림 19는 함수비 변화에 따른 침강-압밀 완료 후 입도분포를 알아보기 위하여 함수비를 500%, 700%, 1000%, 1500%, 2000% 변화시키면서 수행한 입경에 대한 통과 백분율을 나타낸 결과이다

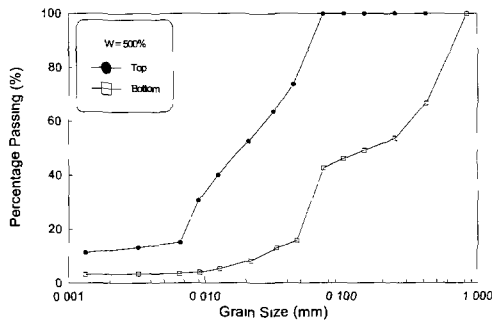


그림 15 압밀층의 입도분포곡선(W=500%)

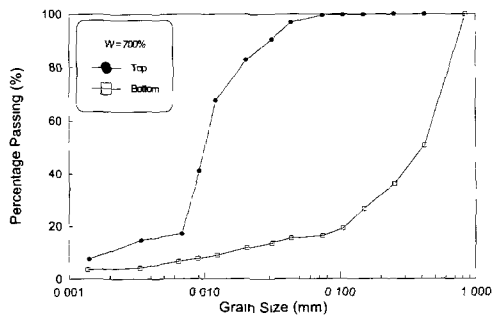


그림 16 압밀층의 입도분포곡선(W=700%)

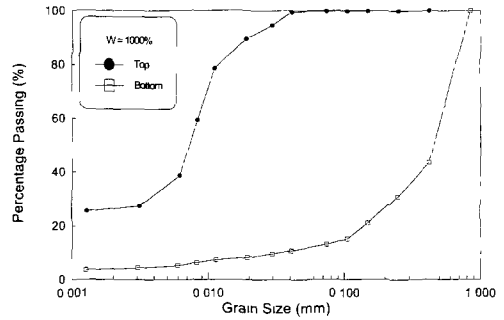


그림 17 압밀층의 입도분포곡선(W=1000%)

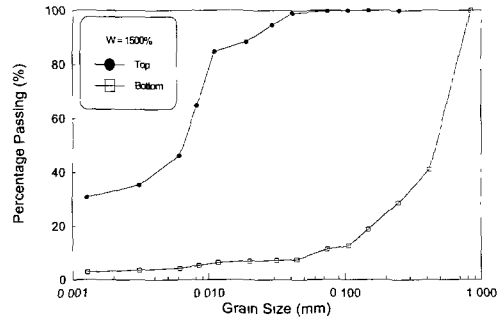


그림 18 압밀층의 입도분포곡선(W=1500%)

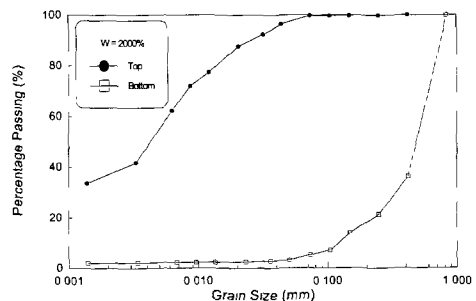


그림 19 압밀층의 입도분포곡선(W=2000%)

초기함수비가 증가할수록 상부와 하부간에 입도 분포 곡선이 차이를 보이고 있는 것을 확인할 수 있는데, 초기함수비가 낮은 경우 응집단계(Flocculated Stage)가 고농도 상태에서 인접한 입자들 간의 간섭효과로 인해 상호간의 침강을 방해하여 침강속도를 지연시키는 것은 물론 입자간의 응집을 촉진시키는 것으로 추정되며 이후 초기함수비가 증가할수록 이러한 현상은 점차적으로 둔화되

며 이것은 상부와 하부간의 입도분리를 증가시키는 원인이 된다 할 수 있겠다.

표 6은 초기함수비 변화에 따른 침강-압밀시험 종료 후 No. 200번체 통과량 시험결과를 나타내고 있다. 표에서 볼수있듯이 초기 혼합비가 증가할수록 상부와 하부간의 No. 200번체 통과량의 차가 증가하는 것을 볼 수 있는데 혼합비가 증가할때 보다는 큰 변화 차이를 나타내고 있지는 않다.

표 6 함수비 변화에 따른 No 200 번체 통과량

| 함수비 변화(%) | No 200 번체 통과량 | | |
|--------------|---------------|-------|-------|
| | 상부 | 하부 | 상부-하부 |
| 500 | 99.94 | 42.56 | 57.38 |
| 700 | 99.59 | 16.40 | 83.19 |
| 1000 | 99.73 | 13.00 | 86.73 |
| 1500 | 99.78 | 11.41 | 88.37 |
| 2000 | 99.69 | 5.18 | 94.51 |

그림 20은 초기 함수비에 따른 최종함수비의 관계를 나타낸 것이다. 실험결과 초기 함수비가 증가할수록 최종함수비가 비선형적으로 완만하게 증가하는 경향을 보이고 있다. 이것은 초기함수비가 증가할수록 실질토량의 함량이 감소함에 따라 토립자 자중에 의한 유효응력의 크기가 감소하기 때문에 압밀종료 시점의 최종함수비가 증가하는 경향을 나타내고 있는 것으로 판단된다. 일반적으로 점성토에서는 초기함수비가 증가할수록 최종함수비가 증가하는 경향이 있으나, 이번 시험의 경우 조립토 함유율이 60%인 모래질로 구성되어 있어서 초기 함수비 변화에 비해 최종함수비의 변화가 크지 않음을 알 수 있다

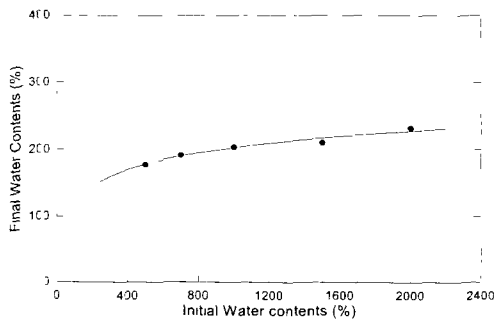


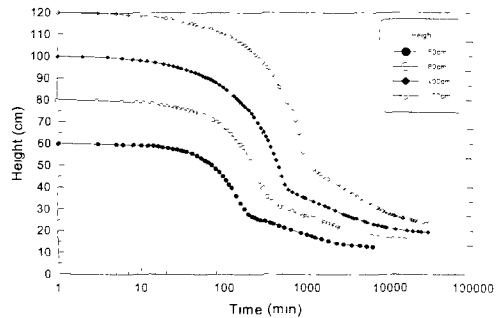
그림 20 초기함수비와 최종함수비의 관계

그림 21(a), (b)는 동일 함수비에서 초기 투기높이에 따른 침강-압밀 특성을 나타낸다.

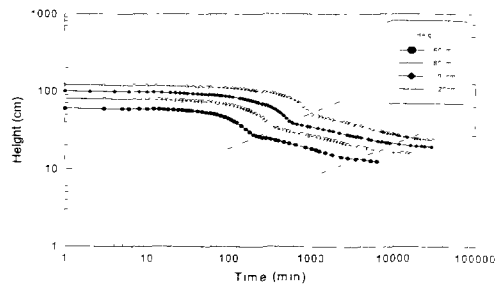
투기 높이가 높을수록 침강단계와 자중압밀 개시의 구분점이라 할 수 있는 변곡점이 늦게 나타났으며, 이러한 경향은 흙 입자의 농도가 높아지게 되면 입자간의 충돌로 입자의 운동이 간섭을 받게되어 입자간의 응집이 저해되어 침강속도가 느려지는 것으로 보여진다

표 7 초기높이에 따른 자중압밀 시·종점 추정

| 초기 함수비 (%) | 혼합비 (%) | 초기 높이 (cm) | 자중압밀 시점 | | 자중압밀 종점 | |
|------------------|------------|------------------|-------------------------|-----------|---------------------------|-----------|
| | | | t ₀ (min) | H (cm) | t ₁₀₀ (min) | H (cm) |
| 700 | 60 | 60 | 221 | 26.7 | 3442 | 13.6 |
| | | 80 | 384 | 33.4 | 10642 | 16.2 |
| | | 100 | 545 | 41.1 | 16231 | 20 |
| | | 120 | 1020 | 50.6 | 21837 | 24.2 |



(a) 계면고 - log시간 관계곡선



(b) log계면고 - log시간 관계곡선

그림 21 초기높이변화에 따른 시간-계면고 변화

그림 20~그림 23은 초기 투기높이 변화에 따른 침강-압밀 완료 후 입도분포를 알아보기 위하여 투기높이를 60cm, 80cm, 100cm, 120cm 로 변화시키면서 수행한 상부와 하부의 입경에 대한 통과 백분율을 나타낸 결과이다

그림 22~그림 25를 보면 초기 투기높이가 높아질수록 상부와 하부간에 입도분포 곡선이 차이를 보이고 있는 것을 확인할 수 있는데, No. 200 번째 통과량은 초기 투기 높이가 증가할수록 하부에서 27.42%~14.35%로 낮아지는 경향을 나타내었다. 이러한 경향은 초기 투기 높이의 증가는 결국 단면적에 대한 조립질의 양의 증가를 가져와 입도분리의 증가는 물론 No. 200 번째 통과량의 감소를 가져온다 할 수 있겠다.

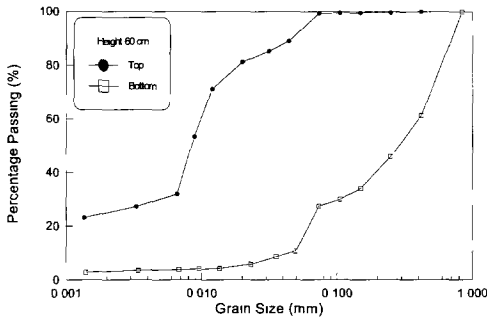


그림 22 압밀층의 입도분포곡선(H=60cm)

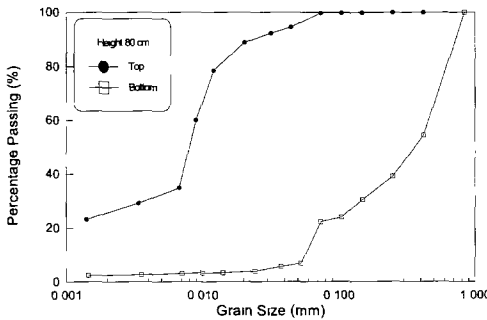


그림 23 압밀층의 입도분포곡선(H=80cm)

표 8은 침강-압밀 종료후 초기높이 변화에 따른 No. 200번째 통과량 시험을 시행 후의 결과를 나타내고 있다. [표 4.8]을 보았을 때 초기혼합비가 증가할수록 상부와 하부간의 No. 200번째 통과량의 차가 증가하는 것을 볼 수 있는데 혼합비가 증가할 때 보다는 큰 변화 차이를 나타내고 있지는 않다.

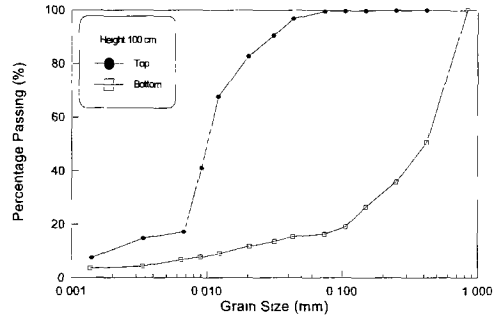


그림 24 압밀층의 입도분포곡선(H=100cm)

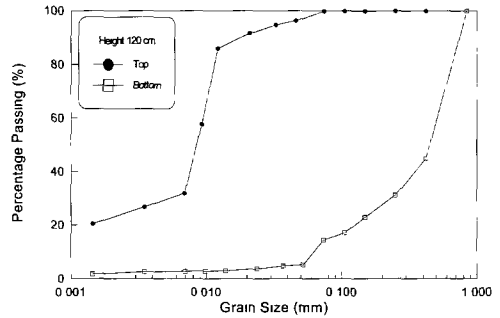


그림 25 압밀층의 입도분포곡선(H=120cm)

표 8 초기높이 변화에 따른 No. 200 번째 통과량

| 초기높이 변 화 | No. 200 번째 통과량 | | |
|-------------|----------------|-------|-------|
| | 상부 | 하부 | 상부-하부 |
| 60 cm | 99.42 | 27.42 | 72.00 |
| 80 cm | 99.75 | 22.29 | 77.46 |
| 100 cm | 99.59 | 16.40 | 83.19 |
| 120 cm | 99.86 | 14.35 | 85.51 |

그림 26은 초기높이 변화에 따른 침강속도를 도시한 것으로 시료 높이가 증가할수록 침강속도가 감소하는 경향을 보이고있다. 이는 투기높이가 증가할수록 흙입자의 간섭으로 인해 침강속도가 늦어지는 것으로 판단된다.

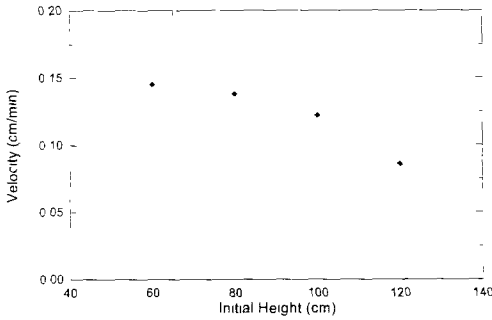


그림 26 초기높이 변화에 따른 침강속도

록 침강압밀계수는 감소하는 경향이 나타났다 이것으로 보아 준설토 내에 실트질 및 모래성분의 양이 증가할수록 체적비 변화가 적으리라 판단된다.

참고 문헌

- [1] 김수삼, “한국서해안(반월지역) 해성토의 침강에 관한 실험적 연구”, 중앙대학교 박사학위논문, 중앙대학교 대학원, 1983.
- [2] 김재중, “점성토의 침식 및 퇴적에 관한 실험적 연구”, 서울대학교 박사학위논문, 1989.
- [3] 유건선, 정인준, “준설토의 기본적 실험연구” 대한토목학회지, 제 27 권, 제 5호, pp.55~64, 1979.
- [4] 한영철, 송정락, “군산지역 준설토의 퇴적특성”, 한국지반공학회 가을학술발표회 논문집, pp 61~64, 1992
- [5] Kumar, G. V. and Wood, D. M., “Fall Cone Compression tests on clay-gravel Mixtures”, *Geotechnique*, Vol.49, No.6, pp.727~739, 1999.
- [6] Fukue, M., Okusa, S., and Nakamura, T., “Consolidation of Sand-Clay Mixtures. Consolidation of Soils. Testing and Evaluation”, *ASTM*, pp627~641, 1986
- [7] US.ARM.Y, “Dredged Material Research Program”, *US.ARM.Y Technical Report*, 1978

5. 결론

본 연구에서는 모래를 함유한 비소성 준설토를 사용하여 모래함유비율변화 및 초기함수비, 초기높이등을 달리하여 그것에 따른 침강 및 퇴적 특성을 파악하고자 실내 Column시험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 직경 D=18cm 인 침강용기를 사용하여 주어진 초기함수비 조건에서 점토에 대한 모래혼합비율(S/C)을 5%, 15%, 30%, 60% 로 달리하여 시험을 실시한 결과 자중압밀 시점 및 완료시점이 일관성 있게 증가함은 물론, 침강속도 또한 서서히 증가하는 경향을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.
- 2) 주어진 초기함수비 조건에서 모래혼합비율이 증가할수록 자중압밀이 완료된 시점에서 시료 상·하부간의 입도분석 시험을 실시한 결과, 혼합비율이 증가할수록 퇴적 압밀층의 상·하부간의 입도분리에 의하여 입도 곡선간에는 차이가 심하게 발생하는 것을 확인하였다
- 3) 동일한 모래혼합비율에 대하여 초기함수비를 변화시킨 침강-압밀 시험결과, 초기함수비가 증가할수록 개별침강효과에 의하여 퇴적 압밀층의 입도분리가 심하게 나타났으며 자중압밀 시·종점은 빨라짐을 관찰 하였다.
- 4) 주어진 모래혼합비율과 초기함수비 조건에서 시료의 초기 높이를 변화시킨 침강-압밀 시험 결과 시료의 초기 높이 변화때는 침강-압밀 거동 및 압밀 완료후 입도분리 현상에 크게 영향을 미치지 못함을 알 수 있었다
- 5) 준설점토와 모래혼합비를 증가하였을 경우의 침강압밀계수를 비교한 결과 모래혼합비가 증가할수